

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 590 546 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93115499.1**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01F 36/00**

(22) Anmeldetag: **25.09.93**

(30) Priorität: **30.09.92 DE 4232703**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.04.94 Patentblatt 94/14**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR IT LI SE**

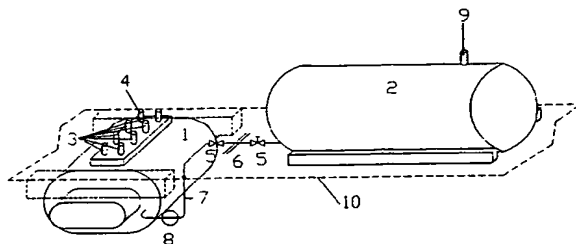
(71) Anmelder: **ABB PATENT GmbH**  
**Kallstadter Strasse 1**  
**D-68309 Mannheim(DE)**

(72) Erfinder: **Bonmann, Dietrich, Dr.**  
**Wielandstrasse 2**  
**D-67117 Limburgerhof(DE)**

(74) Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al**  
**c/o ABB Patent GmbH,**  
**Postfach 10 03 51**  
**D-68128 Mannheim (DE)**

(54) **Supraleitender Transformator.**

(57) Die Erfindung betrifft einen supraleitenden Transformator mit einer Kältemittelversorgungseinrichtung, wobei der supraleitende Transformator gemeinsam mit der Kältemittelversorgungseinrichtung auf einem Schienentriebfahrzeug, insbesondere auf einer elektrischen Lokomotive, angeordnet ist und zur Stromversorgung des Schienentriebfahrzeugs dient.



**EP 0 590 546 A1**

Die Erfindung betrifft einen supraleitenden Transformator mit einer Kältemittelversorgungseinrichtung.

Transformatoren mit supraleitenden Wicklungen sind seit einigen Jahren Gegenstand von zahlreichen weltweiten Entwicklungsaktivitäten. Aufgrund der niedrigen Betriebstemperatur von 4 bis 6 K, die für die heute großtechnisch verfügbaren Supraleiter zwecks Einhaltung ihrer Supraleitfähigkeit erforderlich ist, ist der Einsatz von teuren mit Helium betriebenen Kälteanlagen erforderlich. Ein Magnetsystem mit einer derartigen Kälteanlage ist beispielsweise aus der DE-OS 3 743 033 bekannt geworden.

Für den Betrieb solcher Kälteanlagen werden zur Erzeugung von einem Watt Kälteleistung bei 4 K zwischen 1500 W bei kleinen Nennleistungen und 350 W Antriebsleistung bei Großanlagen benötigt. Nicht zuletzt aus diesem Grund ist der kommerzielle Einsatz von Transformatoren mit supraleitenden Spulenwicklungen bisher noch nicht in nennenswertem Maße erfolgt. Zudem weisen Gaskälteanlagen einen ungünstigen Teillastwirkungsgrad auf, der sich zusätzlich nachteilig auf die Leistungsbilanz auswirkt. Aus den vorgenannten Gründen wird daher im Vergleich zu ölgekühlten Transformatoren ein wirtschaftlich attraktiver Einsatz von supraleitenden Wicklungen für Leistungstransformatoren nur für große Nennleistungen und für den überwiegenden Vollastbetrieb erwartet. Dies gilt auch für den Einsatz der zur Zeit in der Entwicklung befindlichen sogenannten Hochtemperatursupraleiter (HTSL) mit Betriebstemperaturen um den Siedepunkt flüssigen Stickstoffs.

Mit der Auffindung der Hochtemperatursupraleiter ergaben sich neue Anwendungsperspektiven für den Einsatz von supraleitenden Wicklungen. Da die erforderliche Eingangsleistung zur Erzeugung von 1 W Kälteleistung nur noch 15 bis 35 W - abhängig von der Anlagengröße - beträgt, können auch kleinere Leistungstransformatoren wirtschaftlich betrieben werden. Eine untere Anwendungsgrenze kann mit ca. 100 MVA angegeben werden.

Ein Hauptanwendungsgebiet für Großtransformatoren herkömmlicher Bauart sind ganz allgemein Kraftwerksanlagen zur Erzeugung von Elektrizität. Bei derartigen Anlagen ist die Größe des benötigten Transformators von nachrangiger Bedeutung. Ein weiteres Anwendungsgebiet für Transformatoren bietet der Einsatz in elektrischen Schienenfahrzeugen. Hierbei wird üblicherweise die Fahrdrathspannung mittels des implementierten Transformators auf die Speisespannung der Fahrmotoren bzw. der Stromrichter herabgesetzt. Für derartige sogenannte Traktionstransformatoren und ihre notwendigen Zusatzeinrichtung, wie Öl- bzw. Luft-Kühler einschließlich erforderlicher Umwälzpumpen gelten starke Einschränkungen in bezug auf Gewicht und

Abmessungen. Hieraus resultieren letztendlich im Vergleich zu stationären Leistungstransformatoren, die solchen Einschränkungen nicht unterworfen sind, hohe Verlustleistungen, die sich in einem niedrigen Wirkungsgrad auswirken.

Ausgehend vom vorstehend allgemeinen Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung einen Transformator der eingangs genannten Art zu schaffen, der mit gutem Wirkungsgrad unter Vermeidung der hohen Verluste infolge räumlicher und gewichtsbezogener Beschränkungen anstelle eines herkömmlichen Transformators einsetzbar ist.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht erfindungsgemäß in den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1. Danach ist vorgesehen, daß der supraleitende Transformator gemeinsam mit der Kältemittelversorgungseinrichtung auf einem Schienentriebfahrzeug, insbesondere elektrische Lokomotive, angeordnet ist und zur Stromversorgung des Schienentriebfahrzeugs dient.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist dabei vorgesehen, daß die Kältemittelversorgungseinrichtung einen als Kältemitteltank dienenden Flüssiggasbehälter aufweist, der mit dem Transformator verbunden ist.

Entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Kältemittelversorgungseinrichtung ausschließlich durch den Kältemitteltank gebildet, der anstelle einer herkömmlicherweise sonst vorgesehenen Kälteanlage zur Kühlung des supraleitenden Transformators dient.

In bevorzugter Weiterbildung der Erfindung ist als Kältemittel flüssiger Stickstoff vorgesehen, dessen im Vergleich zu Helium etwa 10-fache Verdampfungswärme es ermöglicht, bei einem Volumen von 1 bis 2 m<sup>3</sup> und ca. 3 t Gesamtgewicht die Kühlung eines für diesen Einsatzzweck erforderlichen supraleitenden Transformators für 2 bis 3 Tage zu gewährleisten.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung kann darin bestehen, daß ein Kältemitteltank stationär auf dem Schienentriebfahrzeug angeordnet ist und über ebenfalls im Stand der Technik bekannte Befüllungseinrichtungen, insbesondere Schnellbefüllungseinrichtungen mit dem Kältemittel versorgt wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß der als Kältemittelleinrichtung dienende Kältemitteltank auswechselbar angeordnet ist, um auf diese Weise eine kontinuierliche Kältemittelversorgung des supraleitenden Transformators sicherzustellen. Dabei erfolgt die Ankopplung der Komponenten mittels im Stand der Technik bekannter Kupplungseinrichtungen.

Gemäß einer weiteren Variante kann anstelle eines Kältemittel tanks auch vorgesehen sein, daß zwei oder mehr kleinere Kältemittel tanks auswechselbar auf dem Schienentriebfahrzeug unterge-

bracht sind, so daß sichergestellt ist, daß zumindest ein Kältemitteltank ständig in Verbindung steht mit dem supraleitenden Transformator, während der Austausch des oder der leeren anderen Tanks gegen gefüllte Tanks erfolgt.

Der Einsatz eines erfindungsgemäßen supraleitenden Transformators in Schienentriebfahrzeugen hat, zumindest was die Auswertung der Energiebilanz erkennen läßt, gegenüber herkömmlichen Transformatoren erhebliche Vorteile.

Unter Annahme von Wechselstromverlusten des Supraleiters, die man bisher an einigen Materialproben gemessen hat, sind Gesamtverluste zu erwarten, die weniger als 25 % derer des herkömmlichen, ölgekühlten Traktionstransformators betragen.

Ein weiterer Vorteil, der mit dem Einsatz supraleitender Traktionstransformatoren verbunden ist, ist im verminderten Gewicht eines solchen erfindungsgemäßen Transformators zu sehen, da es nur ca. 75 % des ölgekühlten Transformators beträgt, d. h., das Gewicht eines erfindungsgemäßen Transformators einschließlich des erforderlichen Kältemitteltanks ist deutlich geringer als das Gewicht eines konventionellen Transformators ohne Kühleinrichtungen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß ein für den Betrieb von herkömmlichen Transformatoren erforderlicher Öl- oder Luft-Kühler hier nicht erforderlich ist.

Ein anderer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen supraleitenden Transformators gegenüber dem herkömmlichen öl- oder luftgekühlten Transformator ist in dem um etwa ein Drittel verminderten Raumbedarf zu sehen. Dies bedeutet, daß sich ein erfindungsgemäßer supraleitender Transformator gemeinsam mit dem erforderlichen Kältemitteltank in etwa dem gleichen Volumen wie der herkömmliche ölgekühlte Transformator mit Kühler unterbringen läßt.

Eine Ergänzung des verbrauchten Kältemittels ist, wie erwähnt, alle 2 bis 3 Tage erforderlich und kann innerhalb kurzer Zeit aus einem Standtank oder einer Kälteanlage, welche mit gutem Wirkungsgrad entsprechend viele Schienentriebfahrzeuge versorgt, aufgefüllt werden. Diesbezügliche Einrichtungen, insbesondere zur Versorgung mit Flüssigstickstoff gehören zum Stand der Technik.

Als letzter, jedoch deswegen nicht weniger bedeutsamer Vorteil ist hervorzuheben, daß der erfindungsgemäße supraleitende Transformator keinerlei Öl enthält, so daß Gefahren für die Umwelt durch Leckagen oder Brand entfallen.

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels sollen die Erfindung, vorteilhafte Ausgestaltungen und besondere Vorteile der Erfindung näher erläutert und beschrieben werden.

Es zeigt die einzige Figur:

Eine schematische Darstellung der Anordnung ei-

nes erfindungsgemäßen Transformators auf einer elektrischen Lokomotive.

In der einzigen Figur ist ein supraleitender Transformator 1 gemäß der Erfindung gemeinsam mit einem mit Flüssiggas insbesondere Stickstoff befüllten Vorratstank 2 im symbolisch durch eine Strichlinie gekennzeichneten Maschinenraum 10 eines nicht näher dargestellten elektrischen Triebfahrzeugs angeordnet. Dabei hängt der supraleitende Transformator 1 unter dem Boden des Triebfahrzeugs zwischen den ebenfalls nicht näher dargestellten Fahrgestellen. Diese hängende Unterfluranordnung, die auch bei konventionellen Transformatoren häufig gewählt wird, entspringt dem Wunsch nach einem tiefliegenden Schwerpunkt.

Während in der gezeigten Darstellung eine liegende Anordnung des supraleitenden Transformators 1 vorgesehen ist, könnte jedoch auch eine senkrecht stehende Einbaulage, wie sie bei konventionellen Transformatoren üblich ist, ebenfalls vorgesehen werden.

An der Oberseite des Transformators 1 befinden sich gasgekühlte Stromdurchführungen 3, deren Stromleiter als Wärmetauscher ausgebildet sind, die von dem kalten Stickstoffgas gekühlt werden, welches durch die Verdampfung von flüssigem Stickstoff infolge elektrischer Verluste und Wärmelecks entsteht. Durch diese Gaskühlung wird eine Wärmeeinbringung in den Transformator-kryostaten durch die Stromdurchführungen reduziert. Zur Vermeidung unzulässigen Überdrucks im Kryostaten, z. B. bei Störfällen, ist ein Überdruckventil 4 vorgesehen.

Der Transformator 1 ist über eine wärmeisolierte Flüssiggasleitung 7 mit dem Vorratstank 2 verbunden, aus welchem das verdampfende Kühlmittel kontinuierlich nachgefüllt wird. Zum Schutz des Vorratstanks 2 vor zurückströmendem flüssigen und gasförmigen Kühlgas sowie vor zu hohem Überdruck ist in der Flüssiggasleitung 7 ein Rückschlagventil 8 vorgesehen. Außerdem befindet sich in der Flüssiggasleitung 7 eine lösbare Verbindungsstelle 6, welche es ermöglicht, bei Wartungsarbeiten, z. B. Füllen oder Wechseln des bzw. der Vorratstanks 2, diesen von dem Transformator 1 zu lösen. Hierzu sind beiderseits der lösbaren Verbindung 6 je ein Absperrventil 5 in der Flüssiggasleitung 7 angeordnet. Bei Einsatz von Wechselbehältern kann die lösbare Verbindung 6 auch als Schnelkopplung ausgebildet sein.

Die Befüllung des Vorratstanks 2 erfolgt über eine an seiner Oberseite angeordnete Befüll- und Sicherheitsarmatur 9.

## Patentansprüche

1. Supraleitender Transformator mit einer Kältemittelversorgungseinrichtung, dadurch gekenn-

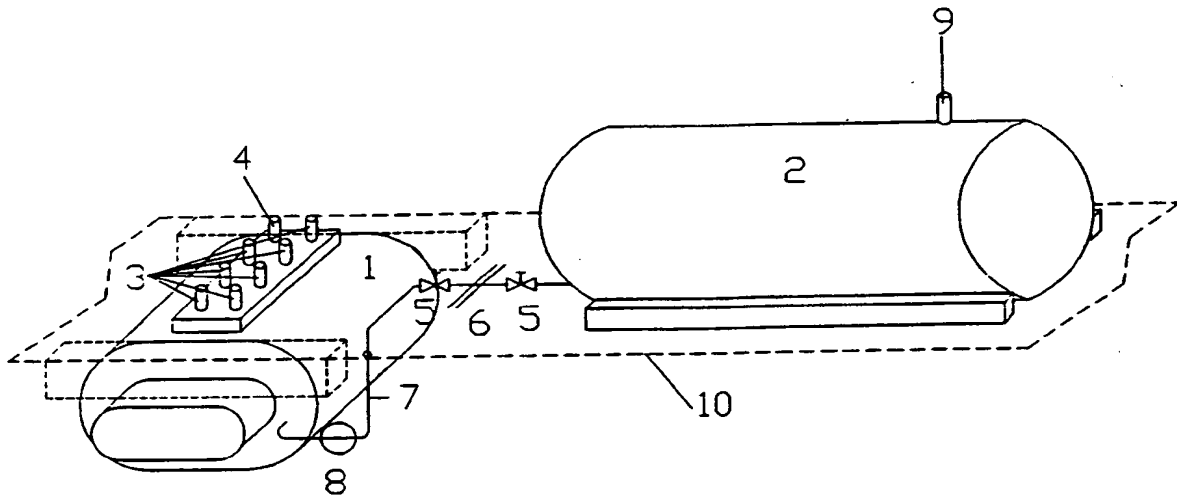
zeichnet, daß der supraleitende Transformator gemeinsam mit der Kältemittelversorgungseinrichtung auf einem Schienentriebfahrzeug, insbesondere elektrische Lokomotive, angeordnet ist und zur Stromversorgung des Schienentriebfahrzeugs dient. 5

2. Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kältemittelversorgungseinrichtung einen als Kältemitteltank dienenden Flüssiggasbehälter aufweist, der mit dem supraleitenden Transformator verbunden ist. 10
3. Transformator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kältemittelversorgungseinrichtung ausschließlich durch den Kältemitteltank anstelle einer Kälteanlage gebildet ist. 15
4. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Kältemittel flüssiger Stickstoff vorgesehen ist. 20
5. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kältemitteltank mittels einer Schnellbefülleinrichtung aus einem Standtank oder aus einer Kältemittelanlage mit Kältemittel, insbesondere mit Stickstoff, befüllbar ist. 25
6. Transformator nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der als Kältemittelversorgungseinrichtung dienende Kältemitteltank auswechselbar angeordnet ist. 30
7. Transformator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei auswechselbare Kältemitteltanks vorgesehen sind. 35
8. Transformator nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Austausch des leeren Kältemitteltanks gegen einen vollen Kältemitteltank vorgesehen ist. 40

45

50

55





Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 93 11 5499

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15, no. 53 (M-1079) 7. Februar 1991 & JP-A-02 286 442 (FURUKAWA ELECTRIC CO.) * Zusammenfassung *	1-5	H01F36/00
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 321 (E-790)(3669) 20. Juli 1989 & JP-A-01 089 413 (TOSHIBA CORP.) * Zusammenfassung *	1-3	
A	DATABASE WPI Week 9139, Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 91-286284 & SE-A-8 904 117 (ASEA BROWN BOVERI) 7. Juni 1991 * Zusammenfassung *		
A	DE-A-39 14 426 (BERLING, ECKART)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)
			H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 9. Februar 1994	Prüfer Vanhulle, R
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P44C03)